

MENETELMÄ JA LAITTEISTO LASIN LÄMMITTÄMISEKSI

Tämä hakemus on kansainvälisen hakemuksen nro PCT/FI00/00943 jatkohakemus USA:ssa, mikä kansainvälinen hakemus nro
5 PCT/FI00/00943 sisällytetään tähän viittauksella

Keksinnön kohteena on menetelmä lasin lämmittämiseksi, missä menetelmässä johdetaan lasi karkaisu-uunin läpi, jolloin lasia lämmitetään ylä- ja alapuolelta, jolloin ainakin lasin yläpintaan puhalletaan ilmaa lasin lämmittämiseksi siten, että imetään ilmaa karkaisu-uunin sisältä ja kierrätetään ky-
10 seistä ilmaa siten, että se puhalletaan takaisin lasin päälle.

Edelleen keksinnön kohteena on laitteisto lasin lämmittämiseksi, johon laitteistoon kuuluu karkaisu-uuni, jossa on välineet, jotka on sovitettu kannattamaan lasia ja muodostamaan sen kuljettimen ja välineet ilman imemi-
15 seksi karkaisu-uunin sisäpuolelta ja kierrättämiseksi puhallettavaksi takaisin ainakin lasin yläpintaan.

Lämmitettäessä lasia oskilloivalla telauunilla on ongelmana lasien reunojen kaareutuminen ylöspäin lämmityksen alkuvaiheessa. Syynä tähän on uunissa käytettyjen keraamitelojen aiheuttama suuri lämpövirta lasin alapin-
20 taan lämmityssyklin alkuvaiheessa verrattuna lasin yläpinnan saamaan läm- pövirtaan. Tämän seurauksena lasin reunat kaareutuvat ylöspäin ja lasin kes- kialueeseen tulee helposti optisia virheitä ja lisäksi lasi lämpiää epätasaisesti. Selektiivilaseja lämmitettäessä tilanne on erityisen vaikea, sillä selektiivilasit heijastavat erittäin voimakkaasti lämpösäteilyä. Selektiivipinta-
25 iset lasit lämmitetään yleensä selektiivipinta ylöspäin, jolloin lasin yläpinnan lämmittäminen on erityisesti vaikeampaa verrattuna lasin alapinnan lämmittämiseen. Tällöin selektiivilasien lämmitysajat luonnollisesti ovat huomattavasti pidempiä verrat- tuna tavallisen kirkkaan lasin lämmitysaikoihin, jolloin siis tyypillisesti uunin kapasiteetti selektiivilaseja lämmitettäessä on varsin alhainen.

FI-patentissa 62 043 on esitetty menetelmä lasin kaareutumisen
30 estämiseksi. Kyseisessä menetelmässä aikaansaadaan lasin yläpintaan pako- tetun konvektion avulla lämpövirta, joka kompensoi alapuolen tuloista tulevaa lämpövirtaa. Pakotettu konvektio on saatu aikaan puhaltamalla lähellä lasile-
vyn yläpintaa uunin pituussuuntaisia vaakatasoisia kapeita ilmasuihkuja, jotka injektorivaikutuksella saavat aikaan ilman turbulenssi-
35 vaikutuksen lasin yläpin- taan. Ilmasuihkut on saatu aikaan ottamalla uunin ulkopuolisesta paineilma- verkosta kompressoreilla paineistettua paineilmaa. FI-patentissa 83 072 on

esitetty edellistä vastaava menetelmä, jossa lisäksi ilmasuihkuina puhallettava ilma kierrätetään uunin alaosaston kautta, jolloin ilma lämpenee tämän ylimääräisen kierroksen aikana. Samalla ilmaan siirtyvä lämpö otetaan lasin alapuolisesta osasta. Kummassakin esitetyssä menetelmässä konvektion vaikutus jää varsin alhaiseksi, jolloin menetelmä on varsin tehoton. Uuniin johdettava ilma on kylmää, joten se jäähdyttää uunia kokonaisuudessaan, joten uunin energiankulutus kaiken kaikkiaan lisääntyy. Edelleen ongelma on puhallettavan ilman hallitsematon poistuminen uunista. Edelleen menetelmässä on keskitytty lasin yläpinnan lämmittämisen tehostamiseen lämmityksen alkuvaiheessa. Tällöin selektiivilasien kokonaislämmitysaika jää pitkäksi, koska selektiivilasien pääasiallinen lämmitys tapahtuu kuitenkin pääasiallisesti säteilyperiaatteella lasien alapuolelta käsin.

EP-julkaisussa 0 897 896 on esitetty ratkaisu, missä päällystettyä lasia kuumennetaan puhaltamalla sen päälle ilmaa pitkittäissuuntaisista puhallusputkista. Puhallettava ilma otetaan uunin ulkopuolisesta paineilmaverkosta. Järjestelyyn kuuluu paineilmasäiliö, johon muodostetaan ylipaine paineilma-kompressorilla. Paineilmajärjestelyn vuoksi ratkaisusta tulee rakenteeltaan monimutkainen ja kallis. Jos uuniin puhalletaan kylmää ilmaa, jäähdyttää se uunia kokonaisuudessaan ja uuniin täytyy johtaa lämpöenergiaa jollain muulla tavalla. Puhallettavan ilman lämmittäminen taas vaatii varsin paljon energiaa ja tehoa, joten EP-julkaisun 0 897 896 mukainen ratkaisu on kaiken kaikkiaan energiataloudellisesti erittäin huono. Edelleen erittäin iso ongelma on puhalletun ilman hallitsematon poistuminen uunista.

FI-julkaisussa 962 158 on esitetty menetelmä, missä lasin alapuolella olevia pintoja jäähdytetään lämmityssyklin alkuvaiheessa ja vastaavasti alapuolen lämmönsiirtoa tehostetaan lämmityssyklin loppuvaiheessa puhaltamalla kuumaa ilmaa suoraan lasin alapintaan. FI-julkaisussa 962 162 on esitetty ratkaisu, missä lämmitysvastukset on mitoitettu ja niiden ohjaus toteutettu siten, että lämmitysvastukset ovat monin verroin tarvittavaa tehokkaammat, jolloin lasin lämmittäminen lämmityssyklin alkutilanteessa on mahdollista siten, että hyödynnetään vain ylävastuksia. Menetelmät ovat erittäin tehokkaita ja hyvin toimivia, mutta erityisesti selektiivilaseja lämmitettäessä olisi toivottavaa saada lämmitysaikaa lyhennettyä.

Tunnettu ratkaisu on myös niin sanottu konvektiuuni, jossa lasia pyritään lämmittämään puhaltamalla kuumaa ilmaa lasin ylä- ja alapintaan sekä keraamiteloihin. Tällaisessa ratkaisussa ilmaa kierrätetään uunissa uunin

sisään rakennetuilla puhaltimilla, joilla lisätään ilman virtausnopeutta ja siten pyritään lisäämään ilman vaikutusta lasin pintaan. Ilma puhalletaan noin 0,005 - 0,01 barin paineella. Ratkaisussa ilmaa lämmitetään joko ennen puhallinta tai puhaltimen jälkeen. Ratkaisun ongelmana on erityisesti hankalasta konstruktiosta aiheutuva korkea valmistuskustannus sekä uunin sisään rakennettujen ilmakehien suuresta massasta aiheutuva lämmityksen hitaus sekä konstruktion hallitsemattomat lämpölaajenemiset.

US-patentissa 4 505 671 on esitetty ratkaisu, missä lasia lämmitetään puhaltamalla sen ylä- ja alapinnalle kuumennettua kaasua. Kaasu otetaan erillisestä kaasulähteestä ja sitä lämmitetään erillisellä lämmittimellä. Ratkaisu kuluttaa kaasua kaasulähteestä huomattavia määriä. Edelleen kaasun lämmittäminen kuluttaa energiaa. Virtaavan kaasumäärän ja siten lämmönsiirtokertoimen kasvattaminen on kyseisessä ratkaisussa varsin vaikeaa.

US-patentissa 4 059 426 on kerrottu ratkaisu, missä lasi on kaasuohkujen kannattelema ja puhaltimella puhalletaan ilmaa lasilevyn pinnalle ja kyseistä ilmaa kierrätetään takaisin puhaltimelle. Tällaisella ratkaisulla ei kuitenkaan saada lasien pintaan kohdistettua riittävän suurta lämpövaikutusta. Edelleen kyseisessä julkaisussa on esitetty ratkaisu, jolla aikaansaadaan uunin sisäpuolinen ilmankierto Coanda-ilmiötä hyödyntäen. Myöskään uunin sisäpuolisen ilmankierron avulla ei saada aikaan riittävän tehokasta lämpövaikutusta lasien pintaan.

Edelleen tunnetaan ratkaisu, missä lasi lämmitetään kaksiportaisesti. Ensimmäisessä vaiheessa käytetään matalampaa lämpötilaa, jolloin ilmaa, jonka lämpötila on noin 300 - 400 °C kierrätetään uunissa puhaltimien avulla. Ilma puhalletaan suoraan lasin ylä- ja alapintaan ja ilmaa lämmitetään ennen puhaltimia. Jälkimmäisessä vaiheessa lasi lämmitetään käyttäen pääasiallisesti säteilylämmitystä. Tässäkin ratkaisussa ongelmaksi on osoittautunut uuniin sisään rakennetun ilmakehaston ja ratkaisussa käytettävien puhaltimien kalleus. Edelleen jälkimmäisessä vaiheessa tapahtuva lasin lämmitys kestää etenkin selektiivilaseja lämmitettäessä varsin pitkään.

Tämän keksinnön tarkoituksena on saada aikaan parannettu menetelmä ja laitteisto lasin lämmittämiseksi.

Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, että johdetaan lasi karkaisu-uunin läpi telojen muodostamalla kuljettimella, paineistetaan karkaisu-uunista imetty ilma kompressoriperiaatteella yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden, johdetaan paineistettu ilma put-

kistolla telojen päällä olevan lasin pinnan läheisyyteen ja puhalletaan ilma olennaisesti kohtisuoraan lasin yläpintaan.

Edelleen keksinnön mukaiselle laitteistolle on tunnusomaista se, että laitteistoon kuuluu vaakasuuntaiset telat, jotka on sovitettu kannattamaan lasia ja muodostamaan sen kuljettimen, paineistusyksikkö, yläpuolen paluuputki ja yläpuolen puhallusputkia, jotka puhallusputket on sovitettu lasin pinnan läheisyyteen, jolloin paluuputki on sovitettu johtamaan ilmaa karkaisu-uunista paineistusyksikköön ja paineistusyksikkö on sovitettu paineistamaan karkaisu-uunista johdettu ilma kompressoriperiaatteella yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden, jolloin paineistettu ilma on kuumaa ja sovitettu puhallettavaksi yläpuolen puhallusputkien kautta olennaisesti kohtisuorassa lasin yläpintaan.

Keksinnön olennainen ajatus on, että lasia lämmitetään telojen päällä karkaisu-uunissa lasin ylä- ja alapuolelta. Ainakin lasin yläpintaa lämmitetään olennaisesti kohtisuorassa eli alle 45°:n kulmassa lasin pinnan normaaliin nähden suunnatuilla ilmasuihkuilla siten, että ilma on johdettu putkistolla lasin pinnan läheisyyteen, jotka ilmasuihkut on saatu aikaan imemällä ilmaa pääosin uunin sisäpuolelta ja paineistamalla uunin sisäpuolelta otettu ilma kompressoriperiaatteella yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden. Erään edullisen sovellutusmuodon ajatuksena on, että myös lasin alapintaa lämmitetään vastaavalla tavalla kuumilla ilmasuihkuilla, jotka ilmasuihkut on saatu aikaan ottamalla ilmaa pääosin uunin sisäpuolelta ja paineistamalla uunin sisäpuolelta otettu ilma kompressoriperiaatteella yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden. Erään toisen edullisen sovellutusmuodon ajatuksena on, että lasia lämmitetään myös sähkövastuksilla.

Keksinnön etuna on, että koska ilman painetaso on varsin korkea, saadaan ilman purkautumisnopeus suureksi ja samalla lämmönsiirtokerroin lasin pinnassa saadaan erittäin suureksi. Koska puhallettu ilma on kuumaa, voidaan ilmaa puhalttaa suoraan lasipintaan asti ja ilmaa voidaan puhalttaa myöskin lasin lämmityssyklin loppuun asti. Edelleen korkean painetason ja kuuman ilman ansiosta pystytään saavuttamaan korkeat lämmönsiirtokertoimet varsin pienellä ilmamäärällä, jolloin laitteiston putkisto on pieni ja yksinkertainen ja siten lämpöliikkeiltään riskitön. Koska ratkaisussa puhallettava ilma otetaan uunin sisäpuolelta, ei uunissa ole ongelmia, joka aiheutuisi ylimääräisen ilman poistumisesta. Edelleen ilmamäärää ja samalla lämmönsiir-

tokerrointia voidaan kasvattaa periaatteessa rajoituksetta. Ilmamäärän ja lämmönsiirtokertoimen kasvattaminen onnistuu yksinkertaisesti paineistusyksikön kokoa kasvattamalla eivätkä tällöin uunin lämpöhäviöt olennaisesti kasva. Lasin lämmitysaika saadaan keksinnön mukaisella ratkaisulla huomattavasti aikaisempaa lyhyemmäksi. Erityisesti selektiivilaseja lämmitettäessä kyetään lasin lämmitysaikaa lyhentämään olennaisesti, koska keksinnön mukaisessa ratkaisussa käytetään erittäin tehokkaasti konvektiolämmitystä eivätkä lasin pinnan säteilyominaisuudet olennaisesti heikennä konvektiolämmityksen vaikutusta. Sähkövastuksen avulla voidaan saada uuniin aikaan niin sanottu lämmitysprofilli, samalla kun konvektiopuhalluksen avulla on saatu nostettua uunin kapasiteettiä. Edelleen lämmitysvastuksella varustettu uuni on erittäin helppo pitää tasapainossa verrattuna esimerkiksi sellaisiin konvektiouuneihin, joissa lämmitys pyritään toteuttamaan pelkästään ilmasuihkuilla. Tällaisissa ratkaisuissa lasia lähellä olevat kanavistopinnat jäätyvät muuhun alueeseen verrattuna ja saattavat aiheuttaa uunin epätasapainon. Ratkaisu on erittäin helposti jälkiasennettavissa, koska laitteisto ja sen putkisto on pienimassainen ja yksinkertainen.

Keksintöä selitetään tarkemmin oheisissa piirustuksissa, joissa kuvio 1 esittää kaavamaisesti erästä keksinnön mukaista laitteistoa edestäpäin katsottuna ja poikkileikattuna ja kuvio 2 esittää kuvion 1 mukaista laitteistoa ylhäältäpäin katsottuna ja linjaa A-A pitkin poikkileikattuna.

Kuviossa 1 on kaavamaisesti esitetty lasinkarkaisu-uuni 1 päädyistä katsottuna ja poikkileikattuna. Karkaisu-uunissa 1 on runko 2 ja telat 3. Uunissa 1 tapahtuvan lämmityksen aikana on lasi 4 sovitettuna telojen 3 päälle. Tyypillisesti telat 3 ovat esimerkiksi keraamisia teloja. Karkaisu-uunissa 1 voi olla ylävastukset 5 lasin 4 lämmittämiseksi sen yläpuolelta ja alavastukset 6 lasin lämmittämiseksi sen alapuolelta. Uunissa lasin 4 lämpötila nostetaan tyypillisesti esimerkiksi 610 - 625 °C:een lasin paksuudesta riippuen.

Lasinkarkaisu-uunissa 1 lasia 4 liikutetaan lämmityksen aikana edestakaisin eli oskilloidaan telojen 3 avulla sinänsä tunnetulla tavalla, jotta telojen 3 kannatuspisteet saadaan tasoitettua läpi koko lämmitysvaiheen tasanaisesti koko lasille 4. Näin minimoidaan lasin epätasaisesta kannatuksesta aiheutuvat deformaatiovirheet lasin optiikassa.

Lasinkarkaisu-uunissa 1 on edelleen yläpuolen puhallusputket 7, joilla puhalletaan kuumaa, edullisesti yli 600 °C lämpötilaltaan olevaa ilmaa

lasin 4 yläpintaan. Puhallettavan ilman lämpötila on esimerkiksi noin 650 °C. Yläpuolien puhallusputket 7 on sovitettu poikittain uuniin 1 eli ne ovat siis olennaisesti kohtisuoraan lasin 4 kulkusuuntaan nähden. Ilma johdetaan putkistolla lasin 4 pinnan läheisyyteen eli yläpuolen puhallusputkien 7 etäisyys telojen 3 pinnasta on alle 300 mm, esimerkiksi noin 60 mm. Edelleen putkien 7 etäisyys toisistaan on esimerkiksi noin 100 - 300 mm. Putken 7 materiaali on esimerkiksi haponkestävä teräs ja sisähalkaisija esimerkiksi 20 mm. Puhallusreiän halkaisija on alle 2,5 mm, tyypillisesti esimerkiksi noin 1,5 mm, ja reikien etäisyys toisistaan esimerkiksi 25 mm. Puhallusreiät on sovitettu vuorottelemaan siten, että joka toinen reikä puhalttaa eteenpäin noin 30°:n kulmassa lasin 4 pinnan normaaliin nähden ja joka toinen reikä puhalttaa taaksepäin noin 30°:n kulmassa lasin 4 pinnan normaaliin nähden. Ilmaa puhalletaan siis olennaisesti kohtisuorassa lasin 4 pintaan eli alle 45°:n kulmassa lasin pinnan normaaliin nähden.

Ilma syötetään yläpuolisiin puhallusputkiin 7 yläpuolisista jakoputkista 8. Yläpuolen jakoputket 8 on sovitettu uunin 1 kumpaankin reunaan pitkittäin lasin 4 kulkusuuntaisesti. Yläpuolen jakoputket 8 on sovitettu noin 50 mm etäisyydelle telojen 3 pinnasta. Yläpuoliset puhallusputket 7 on kiinnitetty kumpaankin yläpuolen jakoputkeen 8, jolloin putket muodostavat tikapuumaisen rakenteen eli kuhunkin yläpuolen puhallusputkeen 7 syötetään ilmaa kummastakin päästä kuviossa 2 havainnollistetulla tavalla. Yläpuolen jakoputken 8 halkaisija on esimerkiksi noin 40 mm.

Yläpuolen jakoputkeen 8 ilma syötetään yläpuolen syöttöputken 9 avulla. Yläpuolen syöttöputki 9 voidaan liittää esimerkiksi yläpuolen jakoputken 8 keskelle. Toisaalta esimerkiksi pidemmissä uuneissa voidaan käyttää useampaakin kuin yhtä yläpuolista syöttöputkea 9 kutakin yläpuolista jakoputkea 8 kohti.

Ilma syötetään putkiin paineistusyksiköllä 10a. Paineistusyksikkö 10a imee kuumaa ilmaa uunista yläpuolen paluuputkea 11 pitkin. Paineistusyksikkö 10 imee ilmaa vähintään kahdesta kohtaa, edullisesti uunin 1 keskilinjalta uunin katosta uunin kummastakin päästä. Paineistusyksikkö 10a paineistaa ilman pääasiallisesti puristamalla eli kompressoriperiaatteella. Paineistusyksikön 10a kierrosnopeus on yli 15 000 kierrosta minuutissa, edullisesti yli 20 000 kierrosta minuutissa, ja se voi olla esimerkiksi kuumakestokompressor tai turboahtimen turbiini. Paineistusyksiköllä 10a muodostetaan yli 0,1 barin, edullisesti yli 0,5 barin tai jopa yli 1 barin, ylläpaine uunin 1 paineeseen näh-

den. Paineistusyksikön klerroksenopeuden tulee olla näin suuri, jotta ilma saadaan puhallettua varsin pienien putkien ja suutinreikien läpi riittävän suurella nopeudella.

Karkaisu-uunin 1 alaosassa on alapuolen puhallusputket 14, jotka on sovitettu poikittain uuniin esimerkiksi joka toisen telavälin kohdalle. Alapuolen puhallusputket 14 ovat vastaavan kokoisia kuin yläpuolen puhallusputket 7 ja sijaitsevat esimerkiksi noin 20 mm telojen 3 alapinnan alapuolella. Puhallusreiät ovat esimerkiksi 25 mm jaolla suoraan ylöspäin ja niiden reikäkoko on sama kuin yläpuolen puhallusputkien 7 reikien koko. Lisäksi reikiin on sovitettu suuttimet, joiden avulla varmistetaan se, että ilma puhalletaan lasiin ilman, että ilmavirtaus olennaisesti osuu teloihin 3. Tällöin teloihin 3 ei missään vaiheessa kohdistu ilmavirtauksen vaikutuksesta hallitsematonta lämmönsiirtoa.

Alapuolen puhallusputkiin 14 syötetään ilmaa alapuolen jakoputkista 15. Alapuolen jakoputket 15 sijaitsevat uunin 1 kummassakin reunassa pitkittäin lasin kulkusuuntaisesti. Alapuolen jakoputkien 15 etäisyys telojen 3 alapinnassa on esimerkiksi noin 50 mm. Alapuolen puhallusputket 14 on kiinnitetty kumpaankin alapuolen jakoputkeen 15, jolloin putket muodostavat tikapuumaisen rakenteen vastaavalla tavalla kuin yläpuoliset putket eli alapuoliseen puhallusputkeen 14 syötetään ilmaa sen kummastakin päästä. Alapuolen jakoputkien 15 halkaisija on esimerkiksi noin 40 mm.

Edelleen uunissa on alapuolen syöttöputket 16, joilla syötetään ilmaa alapuolen jakoputkiin 15. Alapuolen syöttöputki 16 on sovitettu alapuolen jakoputken 15 keskelle, mutta esimerkiksi pidemmissä uuneissa voidaan ilmaa syöttää myös useammalla kuin yhdellä alapuolen syöttöputkella 16 kutakin alapuolen jakoputkea 15 kohti.

Alapuolelle ilmaa syöttävä paineistusyksikkö 10b on vastaavanlainen kuin yläpuolelle ilmaa syöttävä paineistusyksikkö 10a. Paineistusyksikkö 10b imee ilman karkaisu-uunin alaosasta alapuolen paluuputkea 17 pitkin, edullisesti vähintään kahdesta kohtaa uunin keskilinjalta uunin seinältä tai pohjasta uunin kummastakin päästä. Myös alapuolelle puhallettavan ilman lämpötila on edullisesti yli 600 °C, esimerkiksi noin 650 °C.

Putkistot, reiät ja ilman paine mitoitetaan siten, että puhallusputkien 7 ja 14 reilistä virtaavan ilman nopeus on erittäin suuri, esimerkiksi yli 50 m/s, edullisesti yli 100 m/s. Kuviossa 1 on ilman virtausta uunissa 1 havainnollistettu nuolilla. Tavoitteena on saada lasi 4 lämpiämään mahdollisimman tehok-

kaasti eli saada lämmönsiirto ϕ mahdollisimman suureksi. Lämmönsiirtoa ϕ voidaan taas kuvata yhtälöllä

$$\phi = \alpha * \Delta T,$$

5

missä

α on lämmönsiirtokerroin

ΔT on $T_i - T_l$,

T_i on ilman lämpötila ja

T_l on lasin lämpötila.

10

Jotta lämmönsiirto ϕ olisi mahdollisimman suuri tulisi siis lämmönsiirtokertoimen α olla mahdollisimman suuri. Lämmönsiirtokerroin α taas riippuu ainakin ilman purkautumisnopeudesta, ilman massavirrasta, puhallusreikien halkaisijasta, puhallusreikien etäisyydestä toisistaan ja puhallusreikien etäisyydestä lasista eli se on kyseisten suureiden funktio eli

15

$$\alpha = f(v, m, d, h, l),$$

missä

v on ilman purkautumisnopeus,

20

m on ilman massavirta,

d on puhallusreikien halkaisija,

h on puhallusreikien etäisyys toisistaan ja

l on puhallusreikien etäisyys lasista.

25 Funktion suureiden vaikutus lämmönsiirtokertoimeen α on erittäin vaikea täsmällisesti määritellä. Lisäksi yhden suureen muuttaminen muuttaa myös toisia suureita, joten kaiken kaikkiaan lämmönsiirtokertoimen α määrittäminen ja optimoiminen on erittäin hankala tehtävä. Ilman purkautumisnopeuden v , ilman massavirran m ja puhallusreikien halkaisijan d kasvattaminen kaikki kasvattavat lämmönsiirtokerrointa α . Kuitenkin, jos ilman massavirta m on suuri, on 30 kanavissa oleva ilmamäärä myöskin suuri ja putkiston koko näin ollen kasvaisi liikaa ja laitteistosta tulisi rakenteeltaan kallis. Tämän vuoksi ilman massavirtaa m ei ole järkevää kasvattaa kovin suureksi. Laitteiston optimaalisimman rakenteen kannalta tavoitteena onkin mahdollisimman suuri lämmönsiirtokerroin α saavutettuna mahdollisimman pienellä massavirralla m . Puhallusreikien 35 halkaisijan d pienentäminen pienentää lämmönsiirtokerrointa α , mutta puhallus-

lusreikien halkaisijan d pienentäminen pienentää myös ilman massavirtaa m . Kun puhallusreikien halkaisija on alle 2,5 mm, on ilman massavirta m saatu pienennettyä kohtuullisen pieneksi, mutta lämmönsiirtokerroin α ei kuitenkaan ole pienentynyt liikaa. Toisaalta ilman purkautumisnopeudella v on varsin

- 5 suuri vaikutus lämmönsiirtokerroimen α suuruuteen, joten kun ilman purkautumisnopeus v on sovitettu suuremmaksi kuin 50 m/s, on keksinnön mukaisessa ratkaisussa pystytty optimoimaan laitteisto siten, että yllättäen lämmönsiirtokerroin α on varsin suuri ja vastaavasti ilman massavirta m kohtuullisen pieni.
- 10 Yläpuolisen paineistusyksikön 10a yhteydessä on käyttömoottori 12a, jolloin käyttömoottori 12a on liitetty paineistusyksikköön 10a joko vaihde-
- 15 laatikon välityksellä tai voidaan käyttää myös suoraa käyttöä. Käyttömoottori 12a voi olla esimerkiksi oikosulkumoottori, jonka pyörimisnopeutta ohjataan invertterin 13a avulla. Vastaavalla tavalla alapuolen paineistusyksikön 10b
- 20 yhteydessä on käyttömoottori 12b, jonka pyörimisnopeutta voidaan sovittaa ohjaamaan invertteri 13b. Koska paineistusyksiköt 10a ja 10b on sovitettu uunin 1 ulkopuolelle on niihin kytketyt kanavistot ja putket luonnollisesti erittäin hyvin eristetty. Myös rungossa 2 on erittäin hyvät eristeet, jotta uunin 1 sisä-
- 25 puolinen lämpö ei pääse karkaamaan ulos. Uunin, kanavistojen ja putkistojen hyvistä eristyksistä huolimatta ilma hivenen jäähtyy uunin ulkopuolisessa kanavistossa. Ratkaisun eräänä tarkoituksena on pyrkiä tehostamaan uunin 1 lämmitystä siten, että lasin 4 lämmitysaikaa kyettäisiin lyhentämään normaalin lasin tapauksessa jopa noin 25 - 30 % nykyisestä tilanteesta ja selektiivilasia lämmitettäessä jopa noin 40 % nykyisestä tilanteesta. Keksinnön mukaisessa
- 30 ratkaisussa ei olennaisesti käytetä kylmää ilmaa, mikä aiheuttaisi uunissa häviöitä. Paineistusyksikön 10a ja 10b teho voi olla esimerkiksi 30 kW. Uunin kapasiteetti nousee kuitenkin enemmän kuin liitântäteho, sillä vastusmitoitukseen ei tarvitse ottaa niin paljon reserviä kuin aikaisemmin, vaan tehontarve on tasaisempi. Tämä on oleellista erityisesti sellaisissa tilanteissa, jolloin paineistusyksikkö asennetaan uuniin jälkikäteen. Aikaisemmin selektiivilaseja lämmitettäessä lämmitysaika oli selvästi pidempi kuin kirkkaita laseja lämmitettäessä. Koska lämmityksessä puhalletaan kuumaa ilmaa suurella nopeudella lasin pintaan, tapahtuu kirkkaan lasin ja selektiivilasin lämmitys lähes yhtä nopeasti. Tällöin siis selektiivilasikäytössä uunin kapasiteetti kasvaa aikaisempaan nähden suhteessa vielä enemmän kuin kirkkaita laseja lämmitettäessä.
- 35

Lasin 4 lämmitysprosessissa lasi 4 siirretään ensin kuviossa 2 esitetyllä lastauskuljettimella 18 uuniin 1. Uunissa 1 lasia 4 oskilloidaan normaalisti telojen 3 päällä. Uunin lämpötila asetetaan esimerkiksi noin lämpötilaan 670 °C. Lasin 4 tullessa uuniin ovat ylävastukset 5 päällä määritellyn lämmitysprofiliin mukaisesti. Yläpuolinen konvektiopuhallus sovitetaan maksimiasentoon ja alapuolen konvektiopuhallusta käytetään esimerkiksi noin 35 %:n teholla. Lämmityksen jatkuessa aletaan yläpuolista konvektiota pienentää ja alapuolista vastaavasti suurennetaan siten, että suunnilleen 65 %:n kohdalla lämmitysajasta ovat ylä- ja alapuolen konvektiot yhtäsuuret. Ylä- ja alavastusten luovuttama teho pidetään suunnilleen samassa suhteessa kuin missä konvektiot toimivat. Loppuvaiheessa on alapuolen konvektiopuhallus maksimis-
10 saan ja yläpuolen konvektiopuhallus noin arvossa 65 % maksimista. Tämän jälkeen lasi siirretään jäähdytysyksikköön 19 ja seuraava lasi 4 tulee uuniin.

Piirustukset ja niihin liittyvä selitys on tarkoitettu vain havainnollis-
15 tamaan keksinnön ajatusta. Yksityiskohdiltaan keksintö voi vaihdella patentti-
vaatimusten puitteissa. Niinpä putkien mitoitus ja sijainti uunissa voi vaihdella tarpeen mukaan. Edelleen lasin 4 ylä- ja alapintoja voidaan konvektiopuhalluksen lisäksi lämmittää siis esimerkiksi ylävastusten 5 ja alavastusten 6
avulla, mutta konvektiopuhallusten lisäksi ei muita lämmitysmenetelmiä vält-
20 tämättä tarvita. Toisaalta konvektiopuhallusten lisäksi voidaan siis käyttää
lämmitysvastuksia ja/tai jotain muita tapoja lämmittää lasia 4 konvektiopuhallusten lisäksi.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä lasin lämmittämiseksi, missä menetelmässä johdetaan lasi karkaisu-uunin läpi telojen muodostamalla kuljettimella, jolloin lasia
5 lämmitetään ylä- ja alapuolelta, jolloin ainakin lasin yläpintaan puhalletaan ilmaa lasin lämmittämiseksi siten, että imetään ilmaa karkaisu-uunin sisältä ja kierrätetään kyseistä ilmaa siten, että se puhalletaan takaisin lasin päälle, paineistetaan karkaisu-uunista imetty ilma kompressoriperaatteella yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden, johdetaan paineistettu
10 ilma putkistolla telojen päällä olevan lasin pinnan läheisyyteen ja puhalletaan ilma olennaisesti kohtisuoraan lasin yläpintaan.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, missä lämmitetään myös lasin alapintaa puhaltamalla kuumia ilmasuihkuja olennaisesti kohtisuoraan lasin alapintaan, jolloin kyseiset kuumat ilmasuihkut aikaansaadaan
15 imemällä ilmaa karkaisu-uunin sisältä ja paineistamalla karkaisu-uunista imetty ilma kompressoriperaatteella yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, missä puhallettavan ilman lämpötila on yli 600 °C.

20 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, missä ilma paineistetaan yli 1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, missä lasia lämmitetään myös sähkövastuksilla.

25 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, missä ilman paineistamiseen käytetään paineistusyksikköä, jonka kierrosnopeus on yli 15 000 kierrosta minuutissa.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, missä ilman nopeus sovitetaan suuremmaksi kuin 50 m/s sen lähtiessä putkistolta kohti lasin pintaa.

30 8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, missä putkistoon kuuluu lasin pinnan läheisyyteen sovitettut puhallusputket, joissa on reikiä siten, että ilma johdetaan lasin pintaan kyseisten reikien kautta ja että kyseisten reikien halkaisija on alle 2,5 mm.

35 9. Laitteisto lasin lämmittämiseksi, johon laitteistoon kuuluu karkaisu-uuni, jossa on vaakasuuntaiset telat, jotka on sovitettu kannattamaan lasia ja muodostamaan sen kuljettimen ja välineet ilman imemiseksi karkaisu-uunin

sisäpuolelta ja kierrättämiseksi puhallettavaksi takaisin ainakin lasin yläpintaan sisältäen paineistussyksikön, yläpuolen paluuputken ja yläpuolen puhallusputkia, jotka puhallusputket on sovitettu lasin pinnan läheisyyteen, jolloin paluuputki on sovitettu johtamaan ilmaa karkaisu-uunista paineistussyksikköön

5 ja paineistussyksikkö on sovitettu paineistamaan karkaisu-uunista johdettu ilma kompressoriperiaatteella yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden, jolloin paineistettu ilma on kuumaa ja sovitettu puhallettavaksi yläpuolen puhallusputkien kautta olennaisesti kohtisuorassa lasin yläpintaan.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto, missä laitteistoon

10 kuuluu toinen paineistussyksikkö, alapuolen paluuputki ja alapuolen puhallusputkia, jolloin alapuolen paluuputki on sovitettu johtamaan ilmaa karkaisu-uunista toiseen paineistussyksikköön, jolloin toinen paineistussyksikkö on sovitettu paineistamaan karkaisu-uunista johdettu ilma kompressoriperiaatteella yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden ja jolloin paineistettu ilma on kuumaa ja sovitettu puhallettavaksi alapuolen puhallusputkien

15 kautta olennaisesti kohtisuorassa lasin alapintaan.

11. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto, missä puhallettavan ilman lämpötila on yli 600 °C.

12. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto, missä paineistussyksikkö on sovitettu paineistamaan karkaisu-uunista johdettu ilma yli 1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin paineeseen nähden.

20

13. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto, missä laitteistoon kuuluu sähkövastuksia lasin lämmittämiseksi.

14. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto, missä paineistussyksikön kierrosnopeus on yli 15 000 kierrosta minuutissa.

25

15. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto, missä ilman nopeus on sovitettu suuremmaksi kuin 50 m/s sen lähtiessä puhallusputkelta kohti lasin pintaa.

16. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto, missä puhallusputkissa on reikiä, joiden kautta ilma virtaa kohti lasin pintaa ja että kyseisten reikien halkaisija on alle 2,5 mm.

30

Tiivistelmä

- Menetelmä ja laitteisto lasin lämmittämiseksi, missä lasia (4) lämmitetään telojen (3) päällä karkaisu-uunissa (1) lasin (4) ylä- ja alapuolelta. Ainakin lasin (4) yläpintaa
- 5 lämmitetään olennaisesti kohtisuorassa lasin (4) pintaan nähden suunnatuilla kuumilla ilmasuihkuilla. Ilmasuihkut on saatu aikaan imemällä ilmaa pääosin karkaisu-uunin sisäpuolelta ja paineistamalla karkaisu-uunin (1) sisäpuolelta otettu ilma yli 0,1 barin ylipaineeseen karkaisu-uunin
- 10 (1) paineeseen nähden.

(Kuvio 1)

009077" 9506060